Das Verhalten einiger meteorologischer Elemente beim Durchgang einer Kaltfront und dadurch gegebene Regeln zur Festlegung solcher Fronten in synoptischer Darstellung

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades
genehmigt von der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Friedrich-Wilhelm-Universität zu Berlin.

Von

Gerhard Hantel

aus Königsberg/Pr.

Tag der mündlichen Prüfung: 19. Juli 1939.
Tag der Promotion: 15. November 1939

Jena 1939

Universitäts-Buchdruckerei Gustav Neuenhahn, Jena

N 74

Referenten: Prof. Dr. Robitzsch
Prof. Dr. Defant

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Inhaltsverzeichnis.

Einleitung 5

I. A. Die Veränderungen der verschiedenen meteorologischen Elemente an einer Kaltfront 5

B. Der Einfluß der meteorologischen Elemente auf die Gewitterbildung bei einem Kaltlufteinbruch 10

C. Material 10

II. Die Wetterlage vom 25. und 26. März 1938 12

A. Die Definition der Lage der Kaltfront 12

1. Die allgemeine Wetterlage 12

2. Besprechung der synoptischen Wetterkarten 13

3. Besprechung der Isallokarten der äquivalenten Temperatur . . 13

4. Besprechung der Isallokarten der spezifischen Feuchte 15

5. Die Lage der Bezugslinien, gezeichnet nach der maximalen äquivalenten Temperaturabnahme und nach der maximalen spezifischen Feuchtezunahme, zueinander 16

6. Das Verhalten der Thermo-, Hygro- und Barographen 18

B. Ergebnis aus der Wetterlage vom 25. und 26. März 1938 20

III. Die Wetterlage vom 5. Mai 1937 21

A. Die Definition der Lage der Kaltfront 21

B. Das Auftreten der Gewitter im Frontgebiet 25

C. Ergebnis aus der Wetterlage vom 5. Mai 1937 30

IV. Die Wetterlage vom 2. Juli 1936 31

A. Die Definition der Lage der Kaltfront 31

B. Das Auftreten der Gewitter im Frontgebiet 35

C. Das Ergebnis aus der Wetterlage vom 2. Juli 1936 38

V. Zusammenfassung 39

VI. Literaturverzeichnis 41

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41550804_0128

Einleitung.

Im folgenden ist versucht worden, aus dem Verhalten der meteorologischen Elemente beim Durchgang einer Kaltfront deren Lage in der synoptischen Wetterkarte festzulegen. Dazu sind für diejenigen Elemente, deren Verhalten am charakteristischsten ist, die Isallokarten gezeichnet und ausgewertet worden.

Ferner wurden die im Frontgebiet auftretenden Gewitter ihrer Entstehung nach analysiert und ihre Ausbreitung bestimmt. Aus dem zu bearbeitenden Gebiet lag von genügend aerologischen Stationen das Aufstiegsmaterial vor, so daß eine eingehende Untersuchung möglich war.

Es wird zunächst im ersten Abschnitt eine theoretische Übersicht gegeben, die Beobachtungsweise der einzelnen Wetterlagen skizziert und das Material seiner Verwendung und Genauigkeit nach beurteilt. Im zweiten Teil werden die Ergebnisse an drei besonders markanten Wetterlagen gezeigt und näher besprochen.

Um die Schreibweise zu vereinfachen, bedeutet:

T = aktuelle Temperatur,
F = relative Feuchtigkeit,
T′ = äquivalente Temperatur,
S = spezifische Feuchte,
P = Luftdruck,
E = maximaler Dampfdruck,
N = Gesamtbedeckung des Himmels.

Kapitel I.

A. Die Veränderung der meteorologischen Elemente an einer Kaltfront.

Als Diskontinuität oder Front bezeichnet man eine geneigte Grenzzone zwischen zwei Luftmassen mit erheblich voneinander abweichender Dichte. Verfolgt man einen Kaltlufteinbruch auf der synoptischen Wetterkarte, so ist zu erkennen, daß fast alle meteorologischen Elemente sprungartige Veränderungen erfahren. Charakteristisch ist die starke T-Abnahme, ein Anwachsen der F und ein Windsprung von mehr als 90 Grad [1]).

1) Gerhart Schinze: „Die praktische Wetteranalyse".

Im Wetterdienst trat aber eine Unsicherheit in der zeichnerischen Festlegung der Fronten ein, die dadurch bedingt war, daß einmal dieses, das andere Mal jenes Element als repräsentativ für den Frontverlauf angesehen wurde. Es ist der Zweck dieser Arbeit, das Verhalten der verschiedenen meteorologischen Elemente beim Durchgang einer Kaltfront in allen Einzelheiten zu studieren, um aus diesem Verhalten Regeln für den Aufbau und die zeichnerische Festlegung solcher Fronten abzuleiten und dadurch Klarheit in die Betrachtungsweise der Fronten selbst zu bringen.

Die Methode der Bearbeitungsweise des Themas war nicht von vornherein festgelegt, sondern ergab sich aus der Bearbeitung der verschiedenen Wetterlagen. Die Analyse der Einzelfälle beschränkte sich nicht nur auf die synoptischen Bodenbeobachtungen, es wurden ferner das aerologische Material ausgewertet und die Registrierungen der Klimastationen in weitgehendem Maße herangezogen.

Um vergleichen zu können, ob die in der synoptischen Wetterkarte eingezeichnete Front reell ist, wurden aus den Registrierungen der Thermographen der Klimastationen an den einzelnen Stationen die Zeit des Frontdurchganges eingetragen. Die Verbindungslinien der Orte gleichzeitigen Frontdurchganges sind die Isochronen der Kaltfront. Der Verlauf des Thermographen zeigt am deutlichsten die zeitliche Änderung der T während eines Kaltlufteinbruches. Schematisch sieht eine solche Registrierung folgendermaßen aus:

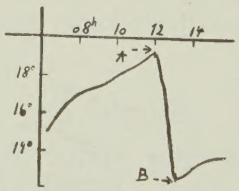

Abb. 1

An dieser Station traf die Kaltfront um 12 Uhr ein und brachte in einer Stunde eine Abkühlung von ∾ 7 Grad. Damit war die T der Kaltluft erreicht, und der Thermograph schrieb in ziemlich konstanter Höhe weiter.

Bei der Definition des Begriffes Kaltfront muß man vorausschicken, daß es eine solche — als unendlich dünne Trennungsschicht zwischen einbrechender Kaltluft und der vor ihr lagernden Warmluft — nicht gibt. Eine Kaltfront ist vielmehr ein räum-

liches Gebilde, also mehr eine Übergangsschicht zwischen der kalten und der warmen Luftmasse. G. Schinze definiert in der „Praktischen Wetteranalyse" eine Front als Übergangszone zwischen zwei verschieden temperierten Luftmassen, die aber nicht breiter als 50 km sein darf, sonst müßte sie als „Frontalmasse" bezeichnet werden.

Von diesen Überlegungen ausgehend, kann man beim Betrachten der Registrierungen des Thermographen gleich feststellen, ob die Kaltluft frontal eingebrochen ist oder ob es sich nur um eine Übergangsschicht handelt. Die Punkte A und B (s. Abb. 1), der Beginn und das Ende des T-Falls, dürfen zeitlich nicht zu weit auseinanderliegen. Man kann aus der Zeitdifferenz dieser beiden Punkte und aus der registrierten Windgeschwindigkeit die Breite der Übergangsschicht ausreichend genau bestimmen. Bei den meisten Kaltlufteinbrüchen schwankt die Windstärke zwischen 4 und 5 Beaufort (rd. 30 kmh), die Punkte A und B dürfen demnach nicht weiter als maximal 2 Stunden auseinanderliegen, wenn der Einbruch der Kaltluft noch frontalen Charakter haben soll.

Die Front wäre in der Registrierung somit als Gebiet zwischen A und B definiert, oder man kann sagen: „Eine Front stellt die Übergangszone zwischen zwei Luftmassen von verschiedener T dar. Ihre Breite darf nicht 50 km überschreiten."

Um ein einheitliches Festlegen der Kaltfront zu gewährleisten, bleibt noch die Frage zu beantworten, ob Punkt A oder B das zeitliche Eintreffen der Front kennzeichnen soll. Punkt A gibt die Zeit des plötzlichen T-Falls an, aber in diesem Punkt ist der T-Unterschied zwischen der warmen und der kalten Luftmasse noch nicht sehr groß, während zur Zeit B die tiefste T der Kaltluft herrscht. Trotzdem erscheint es zweckmäßiger und ist auch anschaulicher, den Punkt A als zeitlichen Frontdurchgang zu bezeichnen, da er angibt, daß die Warmluft vorbeigezogen ist und jetzt die Kaltluft eintrifft. B als Diagnostikum zu wählen, wäre ungeschickt, denn es würde demnach in einem Gebiet plötzlich eine Kaltluft hindurchgehen, das sich vielleicht schon seit 1 Stunde um mehr als 5 Grad abgekühlt hat.

Ferner spricht eine rein technische Angelegenheit ebenfalls für die Wahl des Zeitpunktes A, da derselbe in den Registrierungen fast immer markant heraustritt (die T-Kurve bricht beinahe senkrecht ab), während B nur dann prägnant in Erscheinung tritt, wenn die Kaltluft eine einheitliche T hat (Abb. 2), was aber nicht immer der Fall zu sein braucht. Oft hat die Kaltluft ihre tiefsten Temperaturen weit hinter der Front, und der Frontabfall wäre

somit nicht klar zu erkennen. Abb. 3 zeigt, daß der Zeitpunkt B in diesem Fall schwer zu definieren wäre.

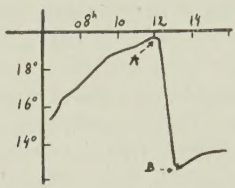

Abb. 2

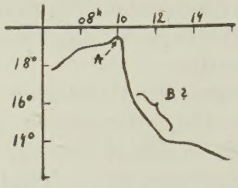

Abb. 3

Das Verhalten der hauptsächlichsten meteorologischen Elemente aus der synoptischen Wetterkarte erhält man durch Zeichnen der Änderungskarten zwischen zwei aufeinanderfolgenden Terminen. Dabei zeigte es sich, daß der charakteristische Sprung der T, F und der Windrichtung zeitlich nicht zusammenfällt. Am empfindlichsten reagiert der Wind auf die einbrechende Kaltluft, indem er sich schon 30—70 km vor der Front um fast 90 Grad dreht. Ebenso verläuft die Abnahme der T nicht total reziprok mit der Zunahme der F, da die F — trotzdem sie wohl ihre größte Zunahme in dem kalten Gebiet kurz hinter der Front hat — schon in der Warmluft zu steigen beginnt. Der P fällt vor der Front und erreicht sein Minimum im Augenblick des Eintreffens

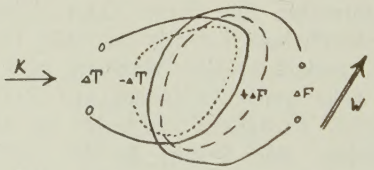

Abb. 4

der Kaltluft. Abb. 4 zeigt die Verschiedenheiten der Änderungen der T und F. Die F ist demnach in dem Gebiet, das von der Kaltluft noch nicht erreicht ist, schon beträchtlich gestiegen. Dieser charakteristische Unterschied der Veränderungen der T und F läßt sich häufig nicht markant herausfinden, weil der tägliche Gang dieser Elemente sie eliminiert. Würde man z. B. die Isallokarte der T zwischen den Terminen 05/08 Uhr zeichnen, könnte man im Kaltluftgebiet kaum eine T-Abnahme feststellen, da durch die Sonneneinstrahlung die T zugenommen hat, und so kaum noch merkliche Differenzen auftreten.

Nun stehen die T und die F mit anderen meteorologischen Elementen in mathematischen Beziehungen, die ein konstanteres Verhalten zeigen. Betrachtet man noch einmal das Gebiet der △ T und △ F rein schematisch, so soll die Linie CD die Lage der Kaltfront kennzeichnen. (S. Abb. 5.)

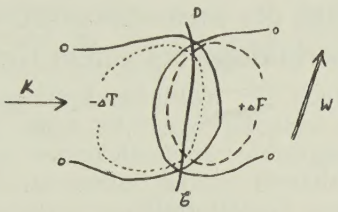

Abb. 5

Vor der Front hat sich die T nicht wesentlich verändert, trotzdem ist die F gestiegen. Das bedingt eine Zunahme der S in diesem Gebiet, weil

$$S = F \cdot E \cdot 0.623 : P$$

ist. Der maximale Dampfdruck E ist nur von der T abhängig, und da diese fast unverändert ist, kann man E konstant setzen. Mit steigendem F nimmt demnach die S zu. Die Veränderung von S durch schwankende P-Werte kann vernachlässigt werden, da sich das nur in den Dezimalen bemerkbar macht. Berechnet man die S für alle Stationen, so findet man eine Abnahme im Kaltluftgebiet, die sich daraus erklärt, daß sich die F nur wenig änderte, während die T stark abgenommen hat. Da kurz hinter der Front die T und die S abgenommen haben, muß demnach dort ein Gebiet starken T′-Falls liegen, weil

$$T' = T + 2.5 \cdot S$$

ist.

Die für mehrere Wetterlagen berechneten Änderungen der T′ und der S zeigten stets kurz vor der Front ein abgeschlossenes Gebiet der S-Zunahme und kurz hinter der Front ein Gebiet maximalen T′-Falls. Da diese Gebiete bei allen Terminen eine ziemlich konstante Lage zur Kaltfront hatten, kann man umgekehrt aus der Lage dieser beiden Gebiete die Kaltfront als Resultierende dazu bestimmen und mit vollkommener Genauigkeit einzeichnen, da die Bezugsgebiete nicht zu weit auseinanderliegen, und so für die Lage der Kaltfront nur ein geringer Spielraum vorhanden ist. Die Darstellung der Kaltfront vereinfacht sich, wenn man die Gebiete stärksten T′-Falls bzw. der größten

S-Zunahme durch Bezugslinien nach der maximalen T′-Abnahme bzw. durch S-Zunahme kennzeichnet.

Diese Bearbeitungsweise hat den Vorteil, daß die T′ und die S nicht so starken Veränderungen unterliegen wie die T und die F in ihrem täglichen Verlauf.

B. Der Einfluß der meteorologischen Elemente auf die Gewitterbildung bei einem Kaltlufteinbruch.

Es treten vielfach bei Kaltlufteinbrüchen Gewitter auf, die sich mit der Front weiterbewegen. Es sollte festgestellt werden, wodurch diese Frontgewitter zustandekamen und in welchem Gebiet — rel. zur Kaltfront — sie auftraten. Es wurden deshalb Fronten, die sich ohne Gewitterbildung verlagern, und solche, die mit Gewitterzügen gekoppelt waren, getrennt voneinander behandelt.

Das Auftreten von Frontgewittern hängt nicht so sehr von der Intensität des Kaltlufteinbruches ab als von der Gleichgewichtslage, dem Feuchtegehalt und der Höhe des Kondensationsniveaus der Warmluft. Bei einem Kaltlufteinbruch im Sommer steigt in der feuchteren Warmluft die S vor der Front. Wäre die Warmluft labil geschichtet und das Kondensationsniveau niedrig, muß vor der Front mit Gewittern gerechnet werden [2], [3], [4].

Es sind Wetterlagen bearbeitet worden, wo die Warmluft oben geschilderten Charakter hatte, und es wurden die, im Verlauf der Front auftretenden, Gewitter analysiert und ihrer Ausbreitung nach festgelegt.

C. Material.

Um ausreichend richtige Werte für die S und die T′ zu erhalten, war es notwendig, die T auf $^1/_{10}$ Grad genau und die F in ganzen Prozenten zu haben. Die Arbeitswetterkarten des synoptischen Wetterdienstes konnten aus diesem Grunde nicht verwendet werden, weil im synoptischen Schlüssel die T in ganzen Graden und die F in Zehnerprozenten angegeben sind. Deshalb wurden von den synoptischen Wettermeldestellen für die einzelnen Wetterlagen die Beobachtungstagebücher angefordert und aus ihnen die genauen Werte entnommen.

---

2) v. Ficker: „Über die Entstehung lokaler Wärmegewitter".
3) Hann-Süring: „Lehrbuch der Meteorologie".
4) A. Defant: „Wetter und Wettervorhersage".

Die Beobachtung der Front erstreckte sich auf die Norddeutsche Tiefebene, in deren Gebiet der Frontverlauf durch orographische Einflüsse wenig gestört wird.

Um eine übersichtliche Darstellung zu erhalten, sind in den Wetterkarten nur die T, F, P, N, Windstärke und Richtung eingetragen worden. Aus der T und der F wurden mit Hilfe des thermodynamischen Rechenschiebers die S- und T'-Werte für jede Station berechnet und mit eingetragen. Das Eintragungsschema für die Stationen sieht wie folgt aus:

Der P ist an den Stationen nicht mehr angegeben worden, da der Isobarenverlauf die P-Verteilung deutlich erkennen ließ.

Ferner wurden die Registrierstreifen der Thermo-, Hygro- und Barographen der Klimastationen auf ihre Genauigkeit untersucht und für die einzelnen Registrierungen Eichkurven aufgestellt. Das Material zu den Eichkurven erhielt man aus den Klimatabellen. In den Tabellen waren die Werte der F, berechnet aus der Psychrometerdifferenz eines trockenen und eines feuchten Thermometers, und die F, abgelesen am Hygrographen, angegeben. Die Abweichungen der Hygrographenwerte von den berechneten F-Werten sind in den Eichkurven graphisch dargestellt worden. Ebenso wurden die T-Werte, abgelesen am Thermometer, mit den Werten der Thermographen, — und die P-Werte, abgelesen am Barometer, mit den Werten des Barographen verglichen und für beide Registrierinstrumente die Eichkurven aufgestellt.

Das Material der Klimastationen ließ viel zu wünschen übrig. Auf einem großen Teil der Registrierungen fehlten die Zeitmarken, so daß ein Vergleich der verschiedenen Elemente nicht möglich war. Aus diesem Grunde blieb von den vorhandenen Registrierkurven nur ein geringer Teil zur Bearbeitung übrig, da nur diejenigen genommen wurden, deren Registrierungen die geringste Abweichung von den Ergebnissen der Normalinstrumente zeigten.

Für die aerologische Übersicht sind die Werte der Höhenaufstiege aus dem meteorologischen Jahrbuch entnommen worden.

Kapitel II.

Die Wetterlage vom 25. und 26. März 1938.

A. Die Definition der Lage der Kaltfront.

Vom 25. und 26. März 1938 drang kalte Luft von starker vertikaler Mächtigkeit in Norddeutschland ein und zog frontal durch Deutschland bis über Ostpreußen hinaus. Wegen der frühen Jahreszeit traten an dieser Front keine Gewitter auf.

1. *Die allgemeine Wetterlage:* Am 25. März, 14 Uhr, lag ein Tief von 970 mbr. mit seinem Kern über Spitzbergen. Die Ausläufer dieses Tiefs erstreckten sich nach Westeuropa hinein. Bis zum 26. März, 08 Uhr, hatte sich über dem Bottnischen Meerbusen eine Teildepression von 985 mbr. gebildet. Die von Norden herangeführte Kaltluft bricht vom Bottnischen Meerbusen über Südskandinavien und Südengland frontal in Europa ein und bringt starken T-Fall [5]).

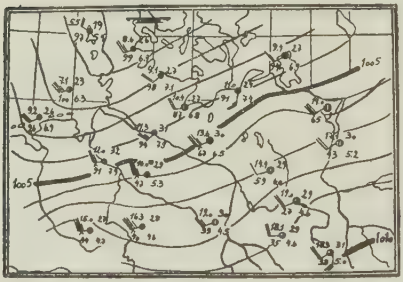

Fig. 1: Wetterkarte vom 25. März 1938, 17 Uhr

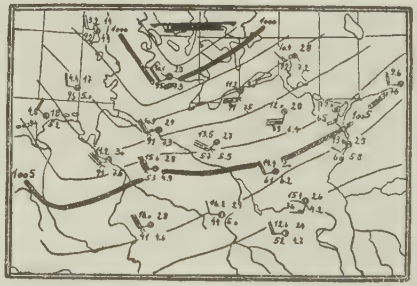

Fig. 2: Wetterkarte vom 25. März 1938, 19 Uhr

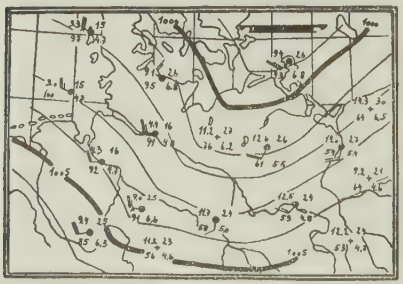

Fig. 3: Wetterkarte vom 25. März 1938, 22 Uhr

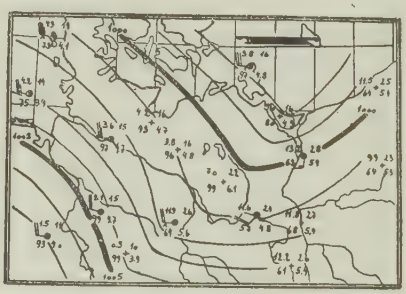

Fig. 4: Wetterkarte vom 26. März 1938, 02 Uhr

5) Wetterkarte der Seewarte Hamburg, Jahrgang 1938, I. Teil.

2. *Besprechung der synoptischen Wetterkarten:* Die Front ist vom 25. März, 17 Uhr, bis zum 26. März, 02 Uhr, beim Durchgang durch die Norddeutsche Tiefebene bearbeitet worden, und zwar zu den Terminen 17, 19, 22 und 02 Uhr. Da während der Nachtzeit nicht von allen synoptischen Meldestellen Beobachtungen gemacht wurden, sind die Registrierwerte der Klimastationen mit in die Karte eingetragen worden, um das Netz zu vervollständigen (die Klimastationen sind in der Karte mit einem Kreuz markiert). Fig. 1, 2, 3 und 4 zeigen die synoptischen Karten zu den vier Terminen.

Am 25. März, 17 Uhr (Fig. 1), liegen in Norddeutschland die T weit über 10 Grad. Bis zur Nordseeküste ist die Kaltluft schon vorgedrungen. Es herrschen dort T von unter 7 Grad.

Um 19 Uhr (Fig. 2) ist die Kaltluft weiter nach Osten vorgerückt. Die starke Windkonvergenz von fast 90 Grad im Grenzgebiet der Luftmassen ist auffallend. Der T-Unterschied zwischen der Warm- und Kaltluft beträgt über 8 Grad.

Drei Stunden später (Fig. 3) ist die Kaltluft ungefähr bis zur Linie Travemünde—Bielefeld vorgestoßen. Hamburg, Bremen und die Stationen westlich davon haben T von weit unter 4,5 Grad. Im Kaltluftgebiet herrscht NW—W-Wind, in der Warmluft SSW—S-Wind.

Am 26. März um 02 Uhr (Fig. 4) hat die Kaltluft die Linie Swinemünde—Neuruppin—Halberstadt erreicht. Der T-Unterschied zwischen den beiden Luftmassen beträgt rund 6 Grad. Im Warmluftgebiet weht der Wind aus SW—SSW, im Kaltluftgebiet aus WNW—W.

Das verschiedene Verhalten der T und der F ist auf den Isallokarten der Zwischentermine 17/19 und 19/22 Uhr zu ersehen (Fig. 5 und 6). Die Linien der $\triangle$ T und der $\triangle$ F verlaufen nicht reziprok zueinander, die F beginnt schon in dem Gebiet, welches von der Kaltluft noch nicht erreicht ist, zu steigen. Da sich die T trotz F-Anstieg vor der Front nicht viel geändert hat, wird in diesem Gebiet eine S-Zunahme sein. Ebenso muß hinter der Front bei starker T- und F-Abnahme ein Gebiet großen T′-Falls liegen, wie schon näher in Kap. I erklärt wurde.

Die T und die F sind als Diagnostika für den Frontverlauf schlecht zu verwenden, da sie zu sehr ihrem täglichen Gang und den örtlichen Beeinflussungen unterliegen. Deshalb wurden die charakteristischen Veränderungen der T′ und der S zum Festlegen der Front bearbeitet.

3. *Besprechung der Isallokarten der T′:* Es sind für jede Station aus der T und F die T′ und die S mit Hilfe des thermo-

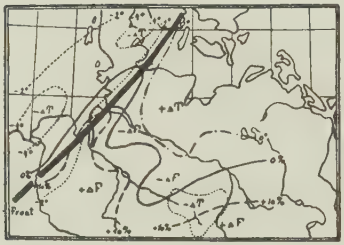

Fig. 5: Isallokarte der T und F vom 25. März, 17/19 Uhr

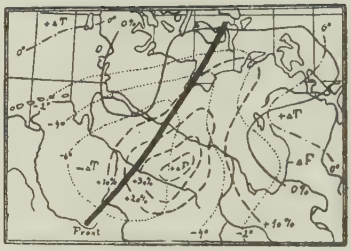

Fig. 6: Isallokarte der T und F vom 25. März, 19/22 Uhr

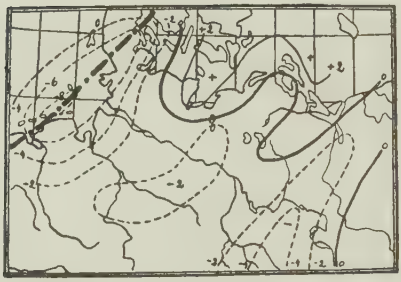

Fig. 7: Isallokarte der T′ vom 25. März 1938, 17/19 Uhr

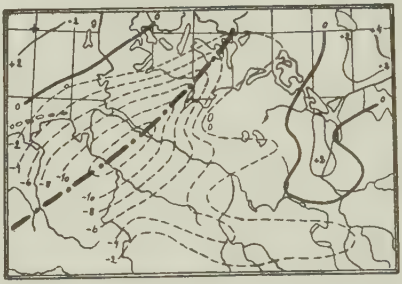

Fig. 8: Isallokarte der T′ vom 25. März 1938, 19/22 Uhr

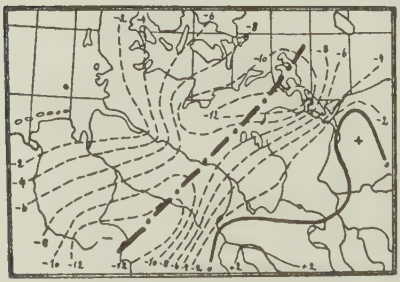

Fig. 9: Isallokarte der T′ vom 25./26. März 1938, 22/02 Uhr

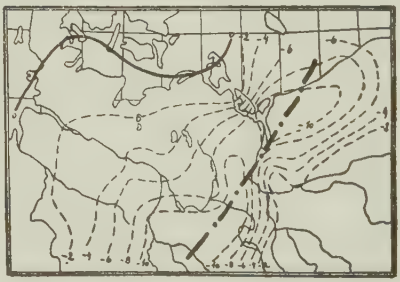

Fig. 10: Isallokarte der T′ vom 26. März 1938, 02/05 Uhr

dynamischen Rechenschiebers berechnet worden. Die Veränderungen der T′ und der S von einem Termin bis zum nächsten wurden in Isallokarten dargestellt. Fig. 7, 8, 9 und 10 zeigen die Änderungskarten der T′ zu den Terminen 17/19, 19/22, 22/02 und 02/05 Uhr.

Durch die abendliche Abkühlung ist die T′ von 17—19 Uhr (Fig. 7) in Norddeutschland gesunken. Trotzdem läßt sich in dem Gebiet Flensburg—List/Sylt und Norderney der Kaltlufteinbruch mit einem maximalen T′-Fall von über 6 Grad leicht feststellen.

Zum 19/22-Uhr-Termin (Fig. 8) ist das Maximum der T′-Abnahme nach Osten gewandert und liegt über Hamburg und Bremen mit einem T′-Fall von 12 Grad.

Von 22—02 Uhr (Fig. 9) ist das Fallgebiet weiter nach dem Osten vorgedrungen und liegt mit seinem Maximum in Richtung Putbus—Braunschweig.

Zu dem Zwischentermin 02/05 Uhr (Fig. 10) liegt das Gebiet der Abkühlung mit dem Maximum auf der Linie Kolbergermünde—Stettin—Jüterbog.

Auf den Isallokarten der T′ sind die stärksten Fallgebiete mit einer Linie verbunden. Sie stellt die Bezugslinie nach der maximalen T′-Abnahme dar. Fig. 11 zeigt den Isochronenverlauf dieser Bezugslinie. Sie liegen in NE- bis SW-licher Richtung. Ihre Fortpflanzungsgeschwindigkeit hat von 22—02 Uhr ein Minimum und nimmt danach stark zu.

4. *Besprechung der Isallokarten der S:* Für die S sind dieselben Untersuchungen angestellt worden und zu den gleichen Zwischenterminen die Änderungskarten gezeichnet.

Zum 17/19-Uhr-Termin (Fig. 12) reicht ein abgeschlossenes Gebiet der S-Zunahme von Fehmarn bis westlich von Bremen. Die Nullinie verläuft an Alsen vorbei über Wilhelmshaven nach Süden. Westlich davon dringt die trockene Kaltluft ein.

Von 19—22 Uhr (Fig. 13) ist das Gebiet der S-Zunahme bis zur Linie Stralsund—Gronau vorgedrungen. Die Nullinie zieht sich von Rügen über Faßberg nach Süden hin. Westlich davon ist die Luft trockener geworden. Die S hat stellenweise bis über 2,5 gr/kg abgenommen.

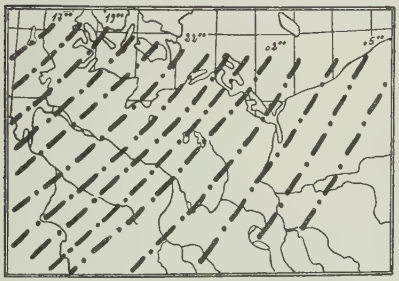

Fig. 11: Isochronenkarte der T′ vom 25. und 26. März 1938

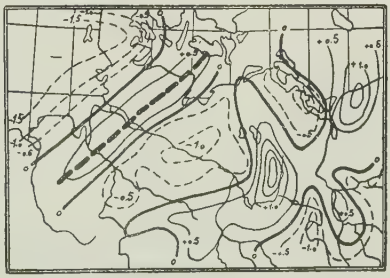

Fig. 12: Isallokarte der S vom 25. März 1938, 17/19 Uhr

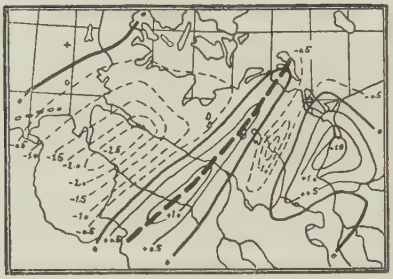

Fig. 13: Isallokarte der S vom 25. März 1938, 19/22 Uhr

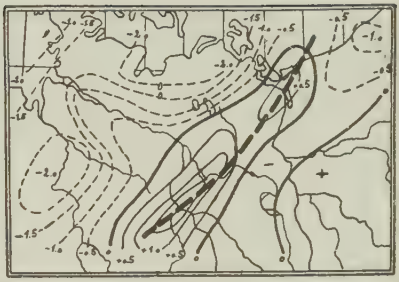

Fig. 14: Isallokarte der S vom 25./26. März 1938, 22/02 Uhr

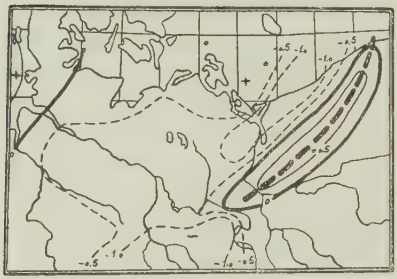

Fig. 15: Isallokarte der S vom 26. März 1938, 02/05 Uhr

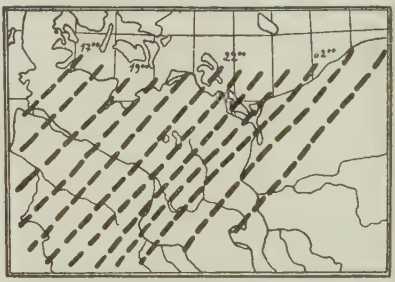

Fig. 16. Isochronenkarte der S vom 25. und 26. März 1938

Zum 22/02-Uhr-Termin (Fig. 14) ist die trockene Kaltluft bis zur Linie Swinemünde—Brocken vorgedrungen. Das Gebiet der S-Zunahme erstreckt sich mit einem Kern von 1 gr/kg von Stettin nach Quedlinburg.

Auf der Isallokarte 02/05 Uhr (Fig. 15) hat die trockene Kaltluft die Linie Rügenwaldermünde—Eberswalde erreicht. Das Gebiet der S-Zunahme liegt über Stolp bis westlich von Altkarbe.

In diesen 4 Änderungskarten sind die Gebiete stärkster S-Zunahme verbunden. Diese Verbindung ist die Bezugslinie nach dem Maxima der S-Zunahme. Fig. 16 gibt den Isochronenverlauf dieser Bezugslinie wieder. Richtung und Zuggeschwindigkeit ist ähnlich der T′, nur trifft das Maximum der S-Zunahme an jedem Ort etwa 3 Stunden früher ein als das Maximum der T′-Abnahme.

5. Die Lage der Bezugslinien nach dem T′-Fall und der S-Zunahme zueinander: Aus den Isochronenkarten in Fig. 11 und 16 sind die beiden Bezugslinien in die synoptischen Wetterkarten zu den Terminen 17, 19, 22 und 02 Uhr übertragen worden. Fig. 17, 18, 19 und 20 zeigen die Lage dieser Linien in den Wetterkarten.

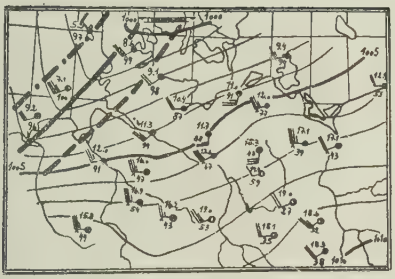

Fig. 17: Lage der Kaltfront am 25. März 1938, 17 Uhr

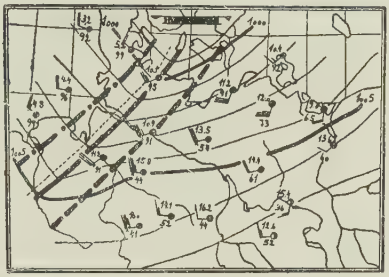

Fig. 18: Lage der Kaltfront am 25. März 1938, 19 Uhr

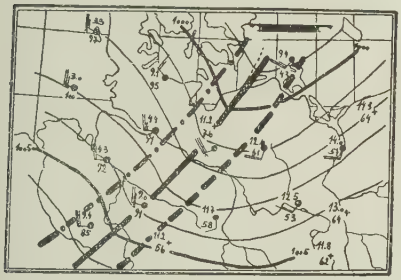

Fig. 19: Lage der Kaltfront am 25. März 1938, 22 Uhr

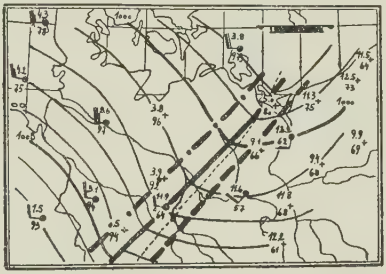

Fig. 20: Lage der Kaltfront am 26. März 1938, 02 Uhr

Um 17 Uhr (Fig. 17) verläuft die Bezugslinie der maximalen T′-Abnahme von Sylt über Amrumbank nach Borkumriff. Die Linie der stärksten S-Zunahme liegt parallel 125 km davor. Die wahre Luftmassengrenze — die Kaltfront — liegt demnach in der Mitte zwischen diesen beiden Linien. Flensburg, 20 km östlich der Front, hat eine T von 8.6 Grad und SSW-Wind. List/Sylt, das sich 50 km hinter der Front befindet, hat nur 5.5 Grad T und nordwestliche Windrichtung. Die Front deckt sich demnach mit dem T-Sprung und der Konvergenz des Windfeldes.

Zwei Stunden später, um 19 Uhr (Fig. 18), verläuft die Linie der maximalen T′-Abnahme östlich an Flensburg vorbei nach Wilhelmshaven. Die Linie der S-Zunahme liegt parallel dazu 125 km nach Osten vorgeschoben. Die Kaltfront erstreckt sich, gemäß der Lage der Bezugslinie, östlich an Kiel vorbei nach Nordhausen. Kiel, Hamburg und Bremen, die im 10-, 35- und 20-km-Abstand von der Front im Warmluftgebiet liegen, haben T von über 10 Grad und SSW-Wind. Flensburg, Helgoland und Norderney, rund 100 km im Kaltluftgebiet zurück, haben T unter 5 Grad und Winde aus NW.

Um 22 Uhr (Fig. 19) liegt die Bezugslinie der T′ in Richtung Travemünde—Münster. Parallel dazu, im östlichen Abstand von 130 km, verläuft die Linie der S. Daraus folgt, daß die Kaltfront auf der Linie Warnemünde—Hannover sich erstreckt. Der T-Unterschied zwischen Warm- und Kaltluft beträgt mehr als 6 Grad. Der Windsprung im Frontgebiet ist über 90 Grad.

Um 02 Uhr (Fig. 20) liegt die Kaltfront in Richtung Osternothafen—Magdeburg. In Stettin und Berlin, 65 km vor der Front, sind die T über 11.5 Grad bei S—SSW-Wind. Arkona und Hannover, 75 km in der Kaltluft, haben T unter 4 Grad und W-Wind.

Nach dem Verhalten der meteorologischen Elemente vor und hinter der Kaltfront, kann man annehmen, daß diese Linie die vordere Begrenzung der Kaltfront sehr genau angibt.

Als Kontrolle kann die Isochronenkarte des Frontdurchganges — gezeichnet nach dem T-Fall der Thermographen der Klimastation — hinzugezogen werden. Fig. 21 zeigt diese Karte. Vergleicht man zum 19-, 22- und 02-Uhr-Termin die gefundene Front

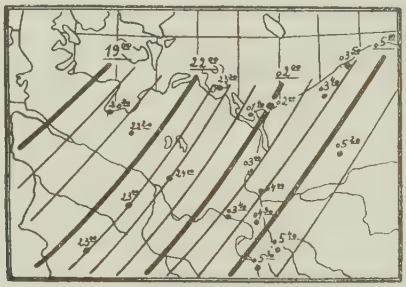

Fig. 21: Isochronenkarte der Kaltfront vom 25. und 26. März 1938, gezeichnet nach dem T-Fall der Thermographen

mit der reellen aus Fig. 21, so sieht man, daß sie fast übereinstimmen. (In den Karten in Fig. 18, 19 und 20 ist diese Front punktiert eingezeichnet.) Um 19 Uhr (Fig. 18) liegt sie 20 km hinter der ermittelten Front, um 22 Uhr (Fig. 19) decken sich die beiden Linien, und um 02 Uhr (Fig. 20) befindet sie sich 15 km davor. Die Übereinstimmung scheint eine genügende zu sein.

6. Das Verhalten der Thermo-, Hygro- und Barographen beim Durchgang einer Kaltfront: An Hand der Registrierinstrumente der Klimastationen ist das Verhalten der verschiedenen meteorologischen Elemente beim Durchgang der Kaltfront festgestellt. Für die Stationen Rügenwaldermünde und Deutsch-Krone ist der Verlauf der T, der F und des P vom 25. und 26. März dargestellt worden.

Aus den Kurven der T und der F wurde der dazugehörige Verlauf der S und der T′ mit Hilfe des thermodynamischen Rechenschiebers bestimmt.

In Rügenwaldermünde (Abb. 6) traf die Kaltfront um 03 Uhr ein. Die T nimmt in der Zeit von 03—03.30 von 10.8 auf 10.0 Grad ab und sinkt in weiteren 30 Minuten auf 7.4 Grad herab. Die F be-

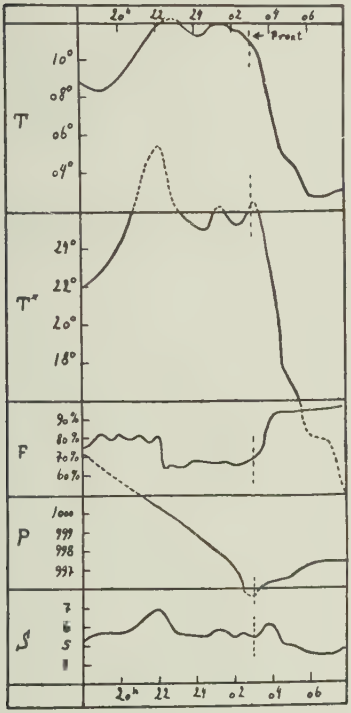

Abb. 6

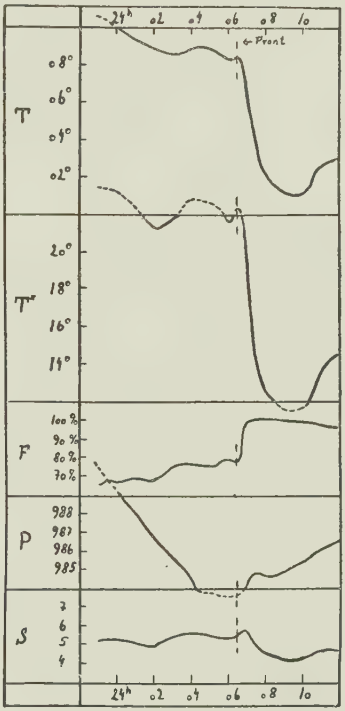

Abb. 7

gann schon 1 Stunde vor Frontdurchgang zu steigen, hat aber die stärkste Zunahme ab 03.30 Uhr. Die T′ ist von 03—04.30 Uhr um 8 Grad gefallen. Der Verlauf der S läßt die Zunahme vor der Front nur schwach erkennen. Von 02 Uhr ist die S in ½ Stunde um 0.3 gr/kg gestiegen, sinkt aber bis 03 Uhr wieder auf den alten Wert zurück. Der P hat um 03 Uhr sein Minimum von 995.7 mbr. Mit Eintreffen der Kaltluft beginnt er augenblicklich zu steigen.

In Deutsch-Krone (Abb. 7) weisen die Registrierungen einen ähnlichen Verlauf auf. Um 06.30 Uhr zeigt der T-Fall das Ein-

treffen der Kaltluft. Die F begann schon seit 05.20 Uhr zu steigen und erreichte um 06.30 Uhr die stärkste Zunahme von 73 auf 94%. Die T′ hat im Zeitintervall von 06.30—07.30 Uhr um 7.6 Grad abgenommen. Die S nimmt vor der Front zu, hat um 06.50 Uhr ein Maximum und sinkt danach wieder ab. (Die trockene Kaltluft dringt nun ein.) Im P-Verlauf zeigt sich die typische Trogform. Im Augenblick des Frontdurchganges erreicht der P sein Minimum und nimmt anschließend zu.

Die Registrierungen beider Stationen lassen erkennen, daß ein gleichzeitiges sprungartiges Verändern der einzelnen meteorologischen Elemente nicht markant in Erscheinung tritt. Vielmehr zeigt sich ein deutliches Nacheinander der Änderungen.

B. Ergebnis aus der Wetterlage vom 25. und 26. März 1938.

Aus dem vorliegenden Material ist zu ersehen, wie sich die T und die F, die T′ und die S bei einem Kaltlufteinbruch verhalten. Das Auffallende war, daß bei dem Kaltluftvorstoß die F schon in der Warmluft zu steigen begann, wie in Fig. 5 und 6 dargestellt ist. Dieser F-Anstieg in der Warmluft bedingt kurz vor der Front eine S-Zunahme. Da hinter der Front die T stark abgenommen hat bei ziemlich unveränderter F, muß hier ein Gebiet großen T′-Falls liegen. Das Steiggebiet der S vor der Front und das Fallgebiet der T′ hinter ihr war bei allen Terminen klar zu erkennen, so daß aus der Lage dieser Gebiete der Frontverlauf ausreichend genau festgelegt werden konnte (s. Fig. 17—20). Durch das Kennzeichen der Gebiete stärksten T′-Falls bzw. größter S-Zunahme mittels Bezugslinien wurde die Darstellung der Kaltfront sehr vereinfacht. Man konnte sie ziemlich genau in der Mitte zwischen den beiden Bezugslinien einzeichnen. Eher wird sie sich näher an der Linie der S befinden, — wie es am 26. März 1938 02 Uhr der Fall war — da das Maximum der T′-Abnahme weiter in der Kaltluft zurückliegen kann, wenn die tiefsten Temperaturen nicht am vorderen Rande des Kaltluftgebietes herrschen, sondern nach dessen Mitte zu.

Das Verhalten der meteorologischen Elemente in bezug auf die so gefundene Front bewies, daß sie die vordere Begrenzung der Kaltluft sehr genau angab. Der T-Unterschied zwischen Warm- und Kaltluft betrug stellenweise über 10 Grad. Ebenso deckt sich die Frontlinie, die aus dem T-Abfall der Thermographen erhalten wurde, ausreichend mit der ermittelten Front.

Kapitel III.

Die Wetterlage vom 5. Mai 1937.

A. Die Definition der Lage der Kaltfront.

1. Die allgemeine Wetterlage: Um 08 Uhr lag zwischen Schottland und Skandinavien das Zentrum einer Teildepression von 1010 mbr., deren Tiefdruckausläufer V-förmig bis Mitteldeutschland vordrangen. Das in der Biscaya liegende Hoch hat sich seit dem Vortage verstärkt und einen Hochdruckkeil ausgebildet, der von der Biscaya bis nach Island reicht. Diese Entwicklung ist für die Witterung Mitteleuropas von Bedeutung, denn die Kaltluft, die sich über dem östlichen Teil des Ozeans angesammelt hat, wird nun nach Mitteleuropa hineingetrieben. Die Kaltfront, welche am Vortage England erreichte, liegt zum Beobachtungstermin um 08 Uhr über der Deutschen Bucht und dem Rheinland. Trotzdem sie wetterwirksam war und zu schauerartigen Niederschlägen Anlaß gegeben hat, hebt sie sich zu diesem Termin noch nicht markant in den einzelnen meteorologischen Elementen heraus [6]).

2. Besprechung der synoptischen Wetterkarten: Zu den Terminen 11, 14, 17 und 19 Uhr ist der Durchzug der Kaltfront durch die Norddeutsche Tiefebene untersucht, und die Lage der Front um 14 und 17 Uhr — da sie da am prägnantesten in Erscheinung trat — nach den verschiedenen meteorologischen Elementen genau zu kennzeichnen versucht. Die synoptischen Wetterkarten in Fig. 22, 23, 24 und 25 zeigen die Wetterlage zu den vier Terminen.

Um 11 Uhr (Fig. 22) ist der Kaltlufteinbruch nicht markant zu erkennen. Die Temperaturscheide verläuft ungefähr von Warnemünde nach Dessau.

Drei Stunden später (Fig. 23) ist der Vorstoß der Kaltluft gut zu beobachten. Östlich von Berlin liegen die T über 21 Grad und westlich von Schwerin unter 18 Grad. Die F beträgt im Durchschnitt im Warmluftgebiet 40—50%, im Kaltluftgebiet 60—80%. Im Frontgebiet ist ein Windsprung von fast 90 Grad zu beobachten.

Bis zum 17-Uhr-Termin (Fig. 24) ist die Kaltluft weiter vorgestoßen und noch an denselben Merkmalen zu erkennen.

Um 19 Uhr (Fig. 25) liegt ganz Norddeutschland in der Kaltluft.

---

6) Wetterkarte der Seewarte Hamburg, Jahrgang 1937, II. Teil.

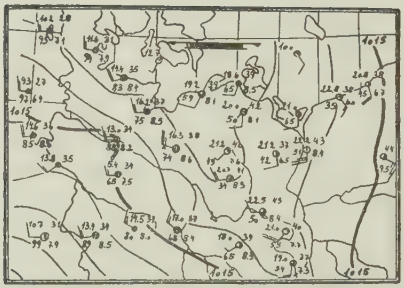

Fig. 22: Wetterkarte vom 5. Mai 1937, 11 Uhr

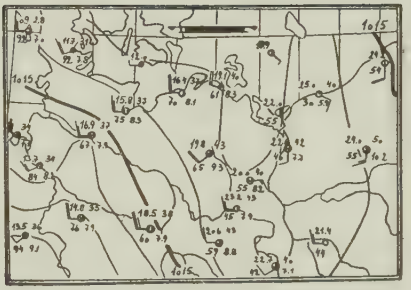

Fig. 23: Wetterkarte vom 5. Mai 1937, 14 Uhr

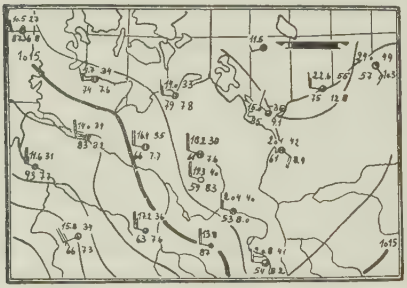

Fig. 24: Wetterkarte vom 5. Mai 1937, 17 Uhr

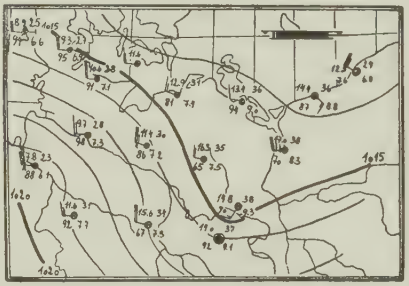

Fig. 25: Wetterkarte vom 5. Mai 1937, 19 Uhr

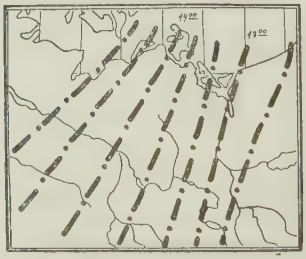

Fig. 26: Isochronenkarte der T′ vom 5. Mai 1937

Fig. 27: Isochronenkarte der S vom 5. Mai 1937

Man kann aus den vorliegenden Wetterkarten erkennen, daß der Kaltlufteinbruch am aktivsten um 14 und 17 Uhr war. In der Zeit von 13—19 Uhr sind in dem Frontgebiet Gewitter zustande gekommen, die sich mit der Front weiterbewegten. Deshalb wurde nur zum 14- und 17-Uhr-Termin versucht, die Front nach den Veränderungen der T′ und der S festzulegen.

3. Die Lage der Bezugslinien der T′ und der S zueinander: In den einzelnen synoptischen Wetterkarten sind für jede Station aus der T und der F die T′- und die S-Werte mit Hilfe des thermodynamischen Rechenschiebers ermittelt worden. Für die T′ und die S wurden die Isallokarten gezeichnet und aus diesen die Bezugslinien nach dem stärksten T′-Fall bzw. der größten S-Zunahme bestimmt. Fig. 26 zeigt den Isochronenverlauf der Bezugslinien nach dem Maxima der T′-Abnahme. Man erkennt, daß sich die Linien in der Zeit von 12—17 Uhr mit ziemlich konstanter Geschwindigkeit nach Osten bewegen.

In Fig. 27 ist der Isochronenverlauf der Bezugslinien nach dem Maxima der S-Zunahme dargestellt. Diese Bezugslinie hat ihre Fortpflanzungsgeschwindigkeit von 14—17 Uhr etwas vergrößert.

Aus Fig. 26 und 27 sind die Bezugslinien zum 14- und 17-Uhr-Termin in die synoptische 14- und 17-Uhr-Karte übertragen wor-

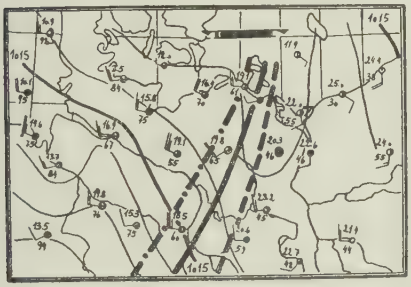

Fig 28: Lage der Kaltfront am 5. Mai 1937, 14 Uhr

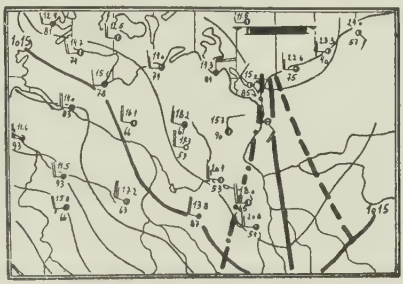

Fig. 29: Lage der Kaltfront am 5. Mai 1937, 17 Uhr

den. Um 14 Uhr (Fig. 28) verläuft die Linie stärkster S-Zunahme östlich an Greifswald vorbei nach Staaken. Die Bezugslinie der T′-Abnahme liegt in Richtung Stralsund—Halberstadt. Man kann aus der Lage der beiden Bezugslinien deutlich erkennen, wie verschieden sich die T′ und die S bei einem Kaltlufteinbruch verhalten. Die Kaltfront verläuft demnach östlich von Demmin über Mirow nach Genthin. Die Stationen Swinemünde, Stettin und Lindenberg, welche ungefähr 140 km vor der Kaltfront liegen, haben T über 22 Grad bei Südwind. Warnemünde und Braunschweig, 100 km hinter der Kaltfront, haben 16.4 bzw. 15.3 Grad T und W—WSW-Wind.

Um 17 Uhr (Fig. 29) sind die beiden Bezugslinien weiter nach Osten gewandert. Die Linie der maximalen T′-Abnahme erstreckt sich ungefähr von Cammin/Pommern nach Lindenberg, während

die Bezugslinie der S östlich an Cammin und Altkarbe vorbei nach Süden verläuft. Die Kaltfront liegt um 17 Uhr demnach im östlichen Abstand von 30 km zu der Linie Stettin—Frankfurt a. O. Kolbergermünde, ungefähr 70 km vor der Front, hat eine T von 22.6 Grad und westliche Windrichtung. Kurz hinter der Kaltfront liegen die T unter 17 Grad bei einer Windrichtung von NNW zu NW.

Trotzdem zu den Terminen 14 und 17 Uhr die T-Unterschiede zwischen der Warm- und Kaltluft nicht sehr groß waren, ist aus dem Verhalten der meteorolgischen Elemente deutlich zu erkennen, daß die gefundene Front eine Luftmassengrenze darstellt.

Um dem Einwand zu begegnen, die S-Zunahme vor der Front werde dadurch bedingt, daß aus Süden feuchtere Luft herangeführt wurde, ist in Tab. 1 zu den vier Terminen für die Stationen Breslau,

Tabelle 1

	05 Uhr			11 Uhr			14 Uhr			17 Uhr		
	F	T	S	F	T	S	F	T	S	F	T	S
Breslau	80	11	6.5	40	22	6.6	30	14	3.7	50	21	7.7
Grünberg	90	11	7.3	40	22	6.6	40	21	6.2	40	—	—
Altkarbe	80	13	7.4	40	23	7.0	40	25	7.8	—	—	—
Stettin	70	13	6.6	50	22	8.2	40	23	7.0	60	20	8.7
Swinemünde . . .	—	—	—	60	21	8.8	50	22	8.2	80	15	8.5

Grünberg, Altkarbe, Stettin und Swinemünde aus den T- und F-Werten die S berechnet worden. Die Stationen liegen hintereinander in einer ungefähren Richtung von Süden nach Norden. Um 14 und 17 Uhr herrscht Südwind. Wenn ein Einfluß aus Süden vorhanden wäre, könnten Breslau nicht die S von 3.7 gr/kg, Grünberg 6.2, Altkarbe 7.8, Stettin 7.0 und Swinemünde 8.2 gr/kg haben. Von Süden wurde in Wirklichkeit trockene Luft herangeführt.

4. Das Verhalten der Thermo-, Hygro- und Barographen beim Durchzug einer Kaltfront: Als Beispiel genügt es, die Registrierungen von Misdroy anzuführen. In Misdroy (Abb. 8) traf die Kaltluft um 14 Uhr ein. Die T sank bis 15 Uhr von 23.7 auf 14.9 Grad herab. Die F begann schon um 12 Uhr langsam zuzunehmen und steigt von 14—15 Uhr sprunghaft um 40%. Die T′ ist in der Zeit von 14—16 Uhr um rund 8 Grad gesunken. Der Verlauf der S zeigt um 12 Uhr ein Minimum, anschließend ist aber eine Zunahme zu erkennen. Der Druck hat sein Minimum kurz nach Durchgang der Front.

Die Registrierungen Misdroys zeigen ebenfalls das Nacheinander der charakteristischen Veränderungen der meteorologischen Elemente beim Frontdurchgang.

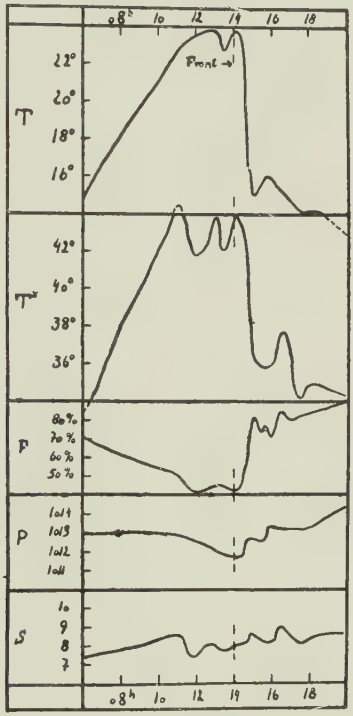

Abb. 8

B. Das Auftreten der Gewitter im Frontgebiet.

Das Zustandekommen von Gewittern vor einer Kaltfront hängt von der Gleichgewichtslage der Luft, ihrem Feuchtegehalt und der Höhe des Kondensationsniveaus ab. Mit dem Weiterbewegen der Kaltluft von 15—18 Uhr traten an der Front Gewitter auf. Die Isobrontenkarte in Fig. 30 veranschaulicht den Zug der Gewitter.

Demmin meldet um 15 Uhr Ferngewitter im Süden. In Eberswalde ist schon um 14 Uhr mittleres Gewitter ausgebrochen. Greifswald hat um 15 und 16 Uhr leichtes Gewitter, und Prenzlau wird von 15.20—16.40 Uhr von Gewittern mit Böen bis Windstärke 7 durchzogen. Um 16 Uhr meldet Kottbus Gewitter im Osten. Adler-

grund hat von 16.50—18.30 Uhr sehr starke Gewitter, die von SW nach NE ziehen.

Vor Durchgang der Front kam es in Stettin von 13.45—14.35 Uhr, in Prenzlau von 12.40—13.55 Uhr und im Umkreis von Jüter-

Fig. 30: Isobrontenkarte der Gewitter vom 5. Mai 1937

bog von 12.30—16.00 Uhr zu Wärmegewittern, die aber nicht mit dem Kaltlufteinbruch in Verbindung standen.

Nach Durchgang der Front traten in Berlin von 17.15—18.00 Uhr, in der Umgebung von Prenzlau von 18.30—21.00 Uhr und in Demmin um 17 Uhr abermals Gewitter auf, deren Entstehung sich durch die erneute Labilisierung der Kaltluft hinter der Front erklären läßt.

1. Die Bearbeitung des Aufstiegsmaterials vom 5. Mai 1937: Um die Luftmassen vor und nach dem Gewitter analysieren zu können, sind von den Stationen Norderney, Hamburg, Berlin und Lindenberg die Morgen- und Abendaufstiege vom 5. Mai 1937 bearbeitet worden. Tab. 2, 3 und 4 geben die Aufstiegswerte an. In den vier Spalten der Tabellen stehen die T-, F-, T′- und S-Werte. „I" bedeutet den Aufstieg um 08 Uhr und „II" den um 19 Uhr. „II—I" ist die Differenz zwischen Abend- und Morgenaufstieg.

Die Luftmasse über Norderney (Tab. 2) hat sich von 08 bis 19 Uhr sehr stark abgekühlt. Die T zeigt in allen Höhenlagen eine durchschnittliche Abnahme von 6.5 Grad. Trotz der hohen T-Abnahme hat die F — mit Ausnahme einer Zone von 300—900 m, in der eine Zunahme von 9% stattfand — stark abgenommen. Ab 2000 m um mehr als 50%. Daraus ist zu schließen, daß die Luft am Abend sehr trocken gewesen sein muß, und aus der Spalte der S kann man ersehen, daß sie bis zum Abend tatsächlich um ungefähr 2 gr/kg abgenommen hat. Die Abnahme der T′ beträgt 11—13 Grad im ganzen Aufstieg.

Tabelle 2

Höhe m	T			F			T′			S		
	I	II	II-I	I	II	II-I	I	II	II-I	I	II	II-I
	in Grad			in Prozent			in Grad			gr/kg		
0	+10.2	+ 6.8	—3.4	96	79	—17	26.0	17.0	— 9.0	7.9	4.9	—3.0
500	+ 9.4	+ 2.0	—7.4	72	83	+ 9	27.5	16.2	—11.3	5.3	4.2	—1.1
750	+ 8.3	+ 0.3	—8.0	72	83	+ 9	27.5	15.6	—16.9	5.0	3.6	—1.4
1000	+ 6.2	— 0.2	—6.4	75	70	— 5	27.2	13.1	—14.1	4.2	2.5	—1.7
1500	+ 3.0	— 2.8	—5 8	82	66	—16	28.0	18.1	— 9.9	4.2	2.4	—1.8
2000	0.0	— 5.1	—5.1	87	38	—49	29.1	15.7	—13.4	4.2	1.3	—2.9
2500	— 4.2	— 8.7	—4.5	90	35	—55	30 0	17.0	—13.0	3.9	1.0	—2.9
3000	— 5.0	—12.0	—7.0	90	32	—58	32.8	18.3	—14 5	3.3	0.7	—2.6
3500	— 8.2	—15.8	—7.5	91	30	—61	34.5	19.8	—14.7	3.0	0.6	—2.4
4000	—12.7	—21.6	—8.9	93	30	—63	35.2	21.0	—14.2	2.3	0.4	—1.9
4500	—17.8	—25.0	—7.2	94	30	—64	35.6	23.1	—12.4	1.6	0.3	—1.3
4800	—20.0	—26.2	—6.2	95	30	—65	35.8	24.0	—11.8	1.4	0.3	—1.1

In Hamburg (Tab. 3) hat sich die Luft ebenfalls bis zum Abend abgekühlt. Die T zeigt ein Maximum der Abnahme von 5.6 Grad in 1500 m. Die F hat im ganzen Aufstieg zugenommen, zwischen 300 und 500 m um mehr als 30%. Diese starke F-Zunahme ist durch die Zunahme der S in derselben Höhenlage bedingt. Sonst ist die Luft im übrigen Aufstieg um 0.6 gr/kg trockener geworden. Die T′ hat durchschnittlich um 4 Grad abgenommen, zwischen 1300 und 2200 m um maximal 6 Grad.

Tabelle 3

Höhe m	T			F			T′			S		
	I	II	II-I	I	II	II-I	I	II	II-I	I	II	II-I
	in Grad			in Prozent			in Grad			gr/kg		
0	+13.0	+10.2	—2.8	86	95	+ 9	32.0	29.0	—3.0	7.9	7.6	—0.3
500	+12.5	+ 8.2	—4.3	66	100	+34	32.0	30.0	—2.0	6.2	7.0	+0.8
750	+11.0	+ 6.8	—5.0	61	99	+38	32.6	29.6	—3.0	5.8	6.6	+0.8
1000	+10.8	+ 5 5	—5.3	61	93	+37	33.7	29.1	—4.6	5.4	6.1	+0.7
1500	+ 7.7	+ 2.1	—5.6	75	100	+25	35.1	29.0	—6.1	5.6	5.1	—0.5
2000	+ 4.0	— 0.2	—4.2	88	90	+ 2	35.8	29.0	—6.8	5.3	4.3	- 1.0
2500	0.0	— 2.6	—2.6	90	94	+ 4	35.0	30.7	—4.3	4.7	3.8	—0.9
3000	— 4.2	— 5.8	—1.6	95	100	+ 5	34.2	32.2	—2.0	3.7	3.6	—0.1
3500	— 7.5	— 9.7	—2.2	88	86	+ 8	34.0	32.2	—1.8	3.0	2.4	—0.6
4000	—11.9	—13.7	—1.8	78	92	+14	34.3	32.8	—1.5	1.8	1.4	—0.4
4300	—14.0	—15 2	—1.2	82	91	+ 9	34.6	32.9	—1.7	1.7	1.1	—0.6

Über Berlin (Tab. 4) zeigt die Luftmasse vom Boden bis 3300 m T-Abnahme. Darüber nimmt die T um etwas mehr als 1 Grad zu. Die F ist vom Boden bis zum Aufstiegsgipfelpunkt fast konstant um 25% gestiegen. Die T′ hat — bis auf eine geringe Bodeninversion — Abnahme bis 1800 m. Darüber ist sie gestiegen. Der Abendaufstieg ist feuchter als der Morgenaufstieg. Gerade oberhalb 1500 m hat die S stark zugenommen, daher auch der T′-Anstieg in dieser Höhe.

Tabelle 4

Höhe	T			F			T′			S		
	I	II	II-I	I	II	II-I	I	II	II-I	I	II	II-I
m	in Grad			in Prozent			in Grad			gr/kg		
0	+16.8	+15.4	—1.4	64	89	+25	36.0	39.0	+3.0	7.8	9.8	+2.0
500	+17.9	+12.5	—5.4	62	87	+25	41.5	37.2	—4.3	8.2	8.5	+0.3
750	+16.3	+11.0	—5.3	61	86	+25	41.0	36.7	—4 3	7.1	7.4	+0.3
1000	+14.0	+ 9.4	—4.6	60	85	+25	36.4	36.0	—0.4	6.5	7.0	+0.5
1500	+ 9.3	+ 6.5	—2.8	61	87	+26	36.8	36.0	—0.8	5.1	6.3	+1.2
2000	+ 4.8	+ 3.2	—1.6	63	89	+26	35.7	36.0	+0.3	4.6	5.5	+0.9
2500	+ 0.2	— 0.2	—0.4	67	92	+25	34.3	35.2	+0.9	3.6	4.5	+0.9
3000	— 4.5	— 4.8	—0.3	70	94	+24	33.1	34.2	+1.1	2.7	3.4	+0.7
3500	—10.4	— 9.2	+1.2	73	97	+24	32 5	34.4	+1.9	2.2	2.9	+0.7
4000	—14.5	—12.7	+1 8	77	100	+23	32.0	35.0	+3.0	1.7	2.3	+0.6
4500	—18.8	—18.2	+0.6	80	100	+20	33.3	35.0	+1.7	1.2	1.7	+0.5

Über Lindenberg ist ungefähr dieselbe Luftmasse wie über Berlin.

Um über die Gleichgewichtslage der Luftmasse Bescheid zu wissen, wurden aus den Zustandskurven der Stationen Norderney, Hamburg, Berlin und Lindenberg vom 5. Mai 1937, 08 und 19 Uhr die Höhe des Kondensationsniveaus, die Auslöseenergie und die labile bzw. stabile Gleichgewichtslage der Luftmasse errechnet.

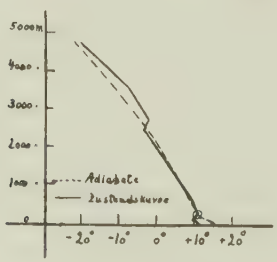

Abb. 9

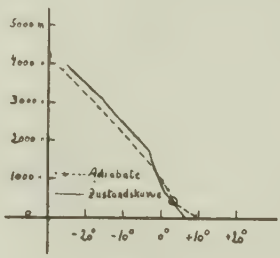

Abb. 10

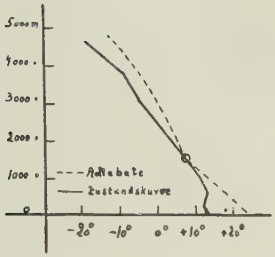

Abb. 11

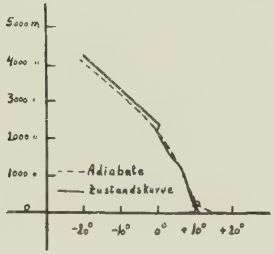

Abb. 12

Über Norderney (Abb. 9) liegt um 08 Uhr das Kondensationsniveau in 220 m Höhe. Die Luftmasse ist von 1000—2500 m schwach labil gelagert. Es ist eine ganz geringe Auslöseenergie nötig, um sie zum Aufsteigen zu bringen. Abends (Abb. 10) liegt das Kondensationsniveau 530 m hoch. Die Luft ist, bis auf eine 200 m dicke fast indifferente Schicht, im stabilen Gleichgewicht.

Hamburg hat morgens (Abb. 11) eine stark labil geschichtete Luftmasse. Das Kondensationsniveau liegt in 1400 m Höhe. Die Auslöseenergie ist ziemlich hoch, aber auf die morgenliche Bodeninversion zurückzuführen. Um 19 Uhr (Abb. 12) ist die Luftschichtung stabil bis auf eine 400 m dicke ganz schwach labil gelagerte Zwischenschicht. Das Kondensationsniveau liegt 220 m hoch. Es ist nur eine geringe Auslöseenergie nötig.

Die Luftmasse über Berlin ist um 08 Uhr (Abb. 13) sehr stark labil gelagert. Das Kondensationsniveau befindet sich in einer Höhe von 1660 m. Um 19 Uhr (Abb. 14) befindet sich die Luftmasse immer noch im stark labilen Gleichgewicht. Das Kondensationsniveau ist auf 430 m herabgesunken. Die Gewitter, die in der Umgebung von Berlin noch nach Vorübergang der Kaltfront zustande kamen, sind auf die erneute Labilisierung der Luftschichtung nach dem Durchgang der Front zurückzuführen.

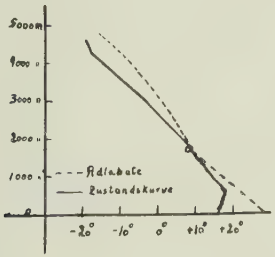

Abb. 13

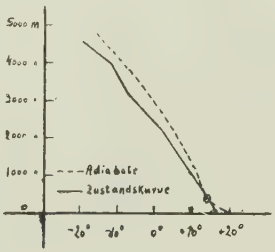

Abb. 14

Die Zustandkurven Lindenbergs sind denen von Berlin ähnlich. Das Kondensationsniveau ist vom Morgen bis zum Abend um 1000 m gesunken. Nach Durchzug der Kaltfront trat erneute Labilisierung der Luftmasse ein.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß die Luftmasse über Berlin und Lindenberg hohe S hatte und um 08 und 19 Uhr stark labil gelagert war. Das Kondensationsniveau lag morgens noch sehr hoch, sank aber bis zum Abend um 1000 m. Große Feuchtigkeit, stark labile Schichtung und geringe Höhe des Kondensationsniveaus sind die Voraussetzung für die Gewitter in dieser Luftmasse. Da sich die S vor der Kaltfront noch erhöht, muß in diesem Gebiet beim Auslösen der labilen Gleichgewichtslage durch die einbrechende Kaltluft mit Frontgewittern gerechnet werden, die auch an mehreren Stationen mit zum Teil sehr starken Böenstößen beobachtet wurden.

C. Ergebnis aus der Wetterlage vom 5. Mai 1937.

Bei dieser Wetterlage war es ebenfalls möglich, die Lage der Kaltfront durch die Bezugslinien der maximalen T′-Abnahme und der maximalen S-Zunahme zeichnerisch festzulegen. Trotz des nicht allzu hohen T-Unterschiedes zwischen der Warm- und Kaltluft trat zum 14- und 17-Uhr-Termin die Front markant in Erscheinung.

Ferner hat die Bearbeitung gezeigt, daß, beim Auslösen der labilen Gleichgewichtslage der Warmluft durch die einbrechende Kaltluft, vor der Front Gewitter in dem Gebiet der S-Zunahme entstanden.

Die Gewitter, die vor Durchgang der Front auftraten und 2—3 Stunden nach Durchzug derselben, sind reine Wärmegewitter, wie aus den Aufstiegen hervorgeht, da die Schichtung der Luft in dem Gebiet Berlin—Lindenberg vor und nach Durchgang der Front stark labil war.

Kapitel IV.

Die Wetterlage vom 2. Juli 1936.

A. Die Definition der Lage der Kaltfront.

1. Die allgemeine Wetterlage: Am 2. Juli 1936 liegt ein Tiefdruckgebiet über den Britischen Inseln. Ein Ausläufer dieses Tiefs zieht sich nach West- und Mitteldeutschland hinein. Hinter diesem Ausläufer ist ein Schwall kalte Luft ostwärts vorgedrungen, der nicht nur den bodennahen Schichten, sondern, wie die westlichen Aufstiege erkennen lassen, bis mindestens 5000 m Höhe eine Abkühlung um 4—5 Grad gebracht hat. Es treten beim Frontdurchgang Gewitter auf.

Am Vortage kam es im Unterelbegebiet zu Wärmegewittern, die gegen 17 Uhr Hamburg erreichten. Daß es sich in diesem Fall um ausgesprochene Wärmegewitter handelte, die noch nicht mit dem Kaltluftvorstoß zusammenhingen, war deutlich aus dem Hamburger Aufstieg vom 1. Juli 1936, 18 Uhr zu erkennen. Der Abendaufstieg nach dem Gewitter zeigte sogar eine T-Erhöhung gegenüber dem Vormittagsaufstieg. Die Abkühlung trat erst am 2. Juli ein [7]).

2. Besprechung der synoptischen Wetterkarten: Zu den Terminen 05, 08 und 11 Uhr ist der Durchzug der Kaltfront durch die Norddeutsche Tiefebene untersucht worden. Die synoptischen Karten in Fig. 31, 32 und 33 zeigen die Wetterlagen zu diesen Zeiten.

Um 05 Uhr (Fig. 31) ist die Kaltluft ungefähr bis zur Linie Schwerin—Dessau vorgedrungen. Östlich davon herrschen T von

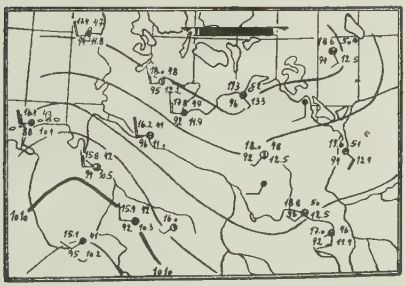

Fig. 31: Wetterkarte vom 2. Juli 1936, 05 Uhr

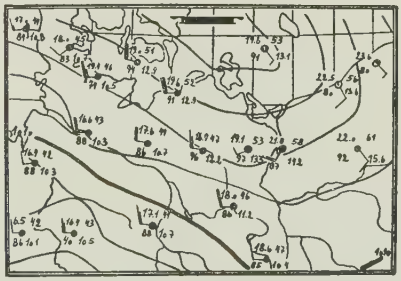

Fig. 32: Wetterkarte vom 2. Juli 1936, 08 Uhr

7) Wetterkarte der Seewarte Hamburg, Jahrgang 1936, III. Teil.

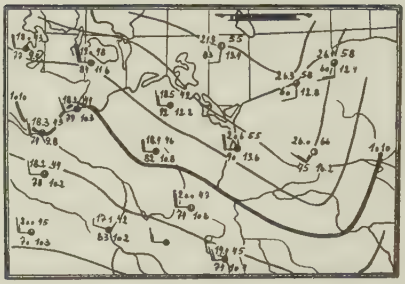

Fig. 33: Wetterkarte vom 2. Juli 1936, 11 Uhr

über 18 Grad bei SSW—SSE-Wind. Westlich dieser Gegend liegen sie um 16 Grad herum, und der Wind schwankt zwischen NW und SW.

Drei Stunden später (Fig. 32) ist die Kaltluft bis zur Höhe Stralsund—Frankfurt a. O. vorgeschritten. Der T-Unterschied zwischen Warm- und Kaltluft beträgt ungefähr 4—5 Grad. Hier ist im Frontgebiet ebenfalls ein Windsprung von fast 90 Grad zu beobachten.

Um 11 Uhr (Fig. 33) hat die Kaltluft die Linie Adlergrund—Deutsch-Krone erreicht. Der T-Unterschied ist auf über 8 Grad angestiegen. Der Wind springt im Frontgebiet von WSW—SW auf SSW—S.

Analog wie bei der vorhergehenden Wetterlage sind für die T′ und die S Isallokarten gezeichnet und aus ihnen die Bezugslinien nach dem maximalen T′-Fall bzw. nach der maximalen S-Zunahme gefunden worden. Fig. 34 zeigt den Isochronenverlauf der T′-Abnahme. Die Bezugslinien liegen in Richtung NNW bis SSE und bewegen sich ENE-wärts. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit ist ziemlich konstant. Von 08 Uhr ab hat sie etwas zugenommen.

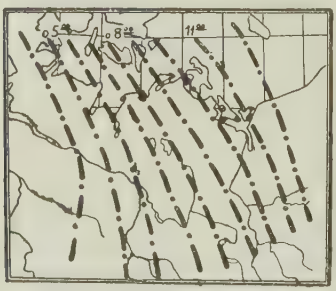

Fig. 34: Isochronenkarte der T′ vom 2. Juli 1936

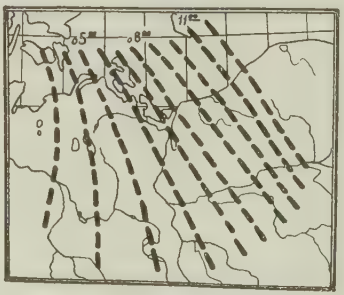

Fig. 35: Isochronenkarte der S vom 2. Juli 1936

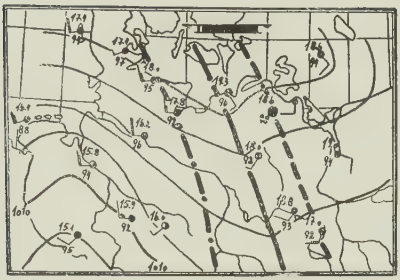

Fig. 36: Lage der Kaltfront am 2. Juli 1936, 05 Uhr

Die Isochronen der S-Zunahme (Fig. 35) verlaufen ähnlich der der T′-Abnahme, nur daß hier die Bezugslinien zeitlich etwas vorliegen. Sie erstrecken sich in derselben Richtung und bewegen sich ebenfalls mit ziemlich gleichbleibender Geschwindigkeit nach ENE.

3. Die Lage der Bezugslinien nach der T′ und der S zueinander: Aus den Isochronenkarten in Fig. 34 und 35 werden die beiden Bezugslinien in die synoptischen Wetterkarten zu den Terminen 05, 08 und 11 Uhr übertragen.

Um 05 Uhr (Fig. 36) liegt die Bezugslinie der S in Richtung Demmin—Lindenberg. Im Abstand von 200 km verläuft die Bezugslinie der T′ parallel dazu über Kiel nach Magdeburg. Wie schon bei der Wetterlage vom 5. Mai 1937 erwähnt wurde, ist anzunehmen, daß zwischen den beiden Bezugslinien, die die Maxima der Veränderlichkeit angeben, die Kaltfront liegt, und zwar ungefähr in der Mitte zwischen diesen Linien. Um 05 Uhr liegt die Kaltfront demnach in Richtung Marienleuchte—Jüterbog. Warnemünde, das 25 km östlich der Front sich befindet, hat eine T von 19.3 Grad und SSE-Wind. Travemünde, 80 km in der Kaltluft zurückliegend, hat eine T von 17.8 Grad und W-Wind. In Mirow

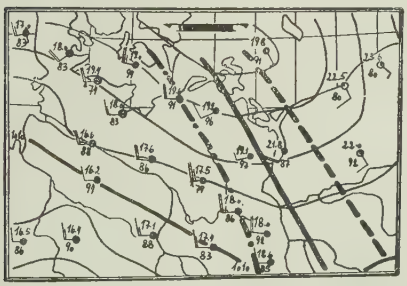

Fig. 37: Lage der Kaltfront am 2. Juli 1936, 08 Uhr

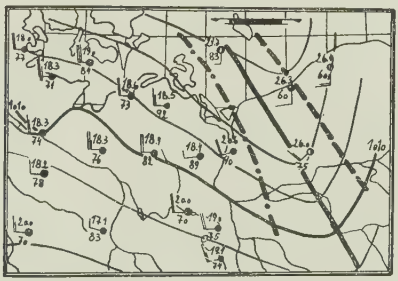

Fig. 38: Lage der Kaltfront am 2. Juli 1936, 11 Uhr

und Berlin, in der Warmluft, sind die T über 18 Grad bei einer SSW-lichen Windrichtung. Hamburg und Hannover, in der Kaltluft, haben eine T von ungefähr 16 Grad und W-Wind. Die Lage der Kaltfront deckt sich vollkommen mit den T-Differenzen.

Bis 08 Uhr (Fig. 37) sind die beiden Bezugslinien weiter nach Osten gewandert. Die Linie der S verläuft östlich von Swinemünde und Altkarbe, die der T′ liegt in Richtung Warnemünde—Berlin-Friedrichshagen. Die Kaltfront zieht sich demnach von Stralsund nach Grünberg hin. Deutsch-Krone und Adlergrund, 150 km vor der Front in der Warmluft liegend, haben T von 19.8 bzw. 22.0 Grad und SSE-Wind. Die Stationen Mirow, Neuruppin und Jüterbog, 150 km hinter der Kaltfront, zeigen T unter 17 Grad und W-Wind.

Drei Stunden später (Fig. 38) liegt die Kaltfront auf der Linie Adlergrund—Breslau. Der T-Unterschied zwischen den beiden Luftmassen beträgt über 8 Grad. Der Wind hat im Frontgebiet von W auf SW gedreht.

Das Verhalten der verschiedenen meteorologischen Elemente in bezug auf die so gefundene Front beweist, daß sie tatsächlich die Grenze zweier verschiedener Luftmassen angibt. Der charakteristische T-Unterschied und der Windsprung treten zu den 3 Terminen an der Front deutlich in Erscheinung.

4. Das Verhalten der Thermo-, Hygro- und Barographen beim Durchgang einer Kaltfront: Die Registrierungen der Station Misdroy mögen als Beispiel für das Verhalten der einzelnen meteorologischen Elemente beim Durchgang einer Kaltfront genügen. Abb. 15 gibt den Verlauf des P, der T, der S und der T′. Die Werte für die T′ und die S sind mit Hilfe des thermodynamischen Rechenschiebers aus der T und der F berechnet worden. Um 10.10 Uhr zeigt der T-Fall das Eintreffen der Kaltfront an. Die T′ beginnt erst ab 10.30 Uhr zu sinken. Sie nimmt in ½ Stunde um 7 Grad ab. Da die F schon im Warmluftgebiet über 90% betrug, konnte eine starke Zunahme beim Durchgang der Kaltfront nicht mehr auftreten. Trotzdem ist der Anstieg der F etwas nach 10 Uhr deutlich zu erkennen. Der P-Verlauf ist ganz unregelmäßig. Die S hat kurz vor der Front zugenommen und das Maximum im Augenblick des Frontdurchganges. Hinterher fällt sie stark ab, da die Kaltluft sehr trocken ist.

An diesem Beispiel sind die zeitlich verschieden liegenden Veränderungen der Elemente durch den Kaltlufteinbruch deutlich zu erkennen.

B. Das Auftreten der Gewitter im Frontgebiet.

Beim Einbruch der Kaltluft treten vor der Front Gewitter auf, die mit ihr weiterziehen. Die Isobrontenkarte in Fig. 39 gibt ein ungefähres Bild der Fortpflanzung der Gewitter. Sie liegen vor der

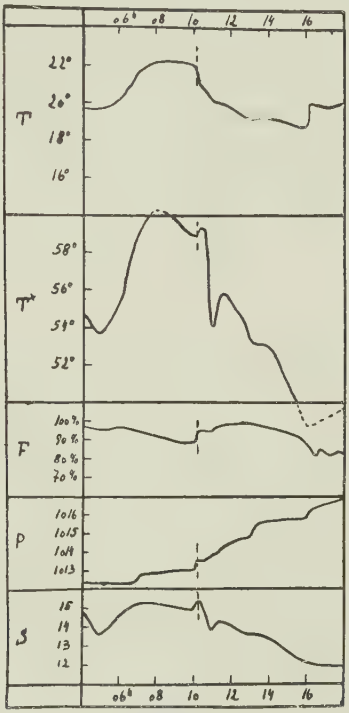

Abb. 15

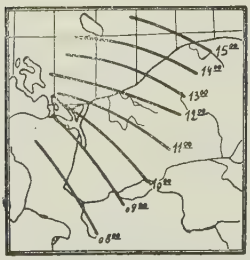

Fig. 39: Isobrontenkarte der Gewitter vom 2. Juli 1936

Front noch in der Warmluftströmung und ziehen deshalb von SSW nach NNE. Sie treten in einem Raum auf, der ungefähr durch die Bezugslinien der T′ und der S begrenzt wird, da in diesem Gebiet die atmosphärische Lage für die Entstehung der Gewitter am günstigsten ist — hohe T, große Luftfeuchtigkeit, die durch die einbrechende Kaltluft vor der Front noch erhöht wird, und stark labiles Gleichgewicht der Luftmasse, das durch die Front zur Auslösung kommt. Vor und nach Durchgang der Front sind in dem betrachteten Gebiet keine Gewitter entstanden.

1. Die Bearbeitung des Aufstiegsmaterials vom 2. Juli 1936: Für die Luftmassenanalyse sind von den Stationen Hamburg und Berlin die Abendaufstiege vom 1. und 2. Juli 1936 verwendet worden. Tab. 5 und 6 geben die Aufstiegswerte an. „I" bedeutet den Aufstieg vom 1. Juli 19 Uhr und „II" den vom 2. Juli 19 Uhr. „II—I" ist die Differenz zwischen dem Aufstieg vom 2. Juli und dem vom Vortage.

Tabelle 5

Höhe	T			F			T′			S		
	I	II	II-I	I	II	II-I	I	II	II-I	I	II	II-I
m	in Grad			in Prozent			in Grad			gr/kg		
0	+21.0	+23.4	+2.4	89	46	—43	52.0	42.2	— 9.8	14.0	7.2	—6.8
500	+18.9	+18.9	0.0	86	50	—36	54.0	41.0	—13.0	12.0	6.6	—5.4
750	+17.8	+17.0	—0.8	88	53	—35	55.0	40.8	—14.2	11.9	6.5	—5.4
1000	+16.6	+14.9	—1.7	88	57	—31	54.3	40.2	—14.1	11.1	6.2	—4.9
1500	+13.7	+10.8	—2.9	92	64	—28	54.0	39.3	—14.7	10.2	5.9	—4.3
2000	+10.4	+ 6.6	—3.8	98	71	—28	54.0	38.4	—15.6	9.8	5.3	—4.5
2500	+ 6.5	+ 2.8	—3.7	98	74	—24	50.8	38.3	—12.1	8.2	4.6	—3.6
3000	+ 3.0	— 0.8	—3.8	98	68	—30	50.0	37.9	—12.1	6.9	3.6	—3.3
3500	+ 0.3	— 3.0	—3.3	98	56	—42	51.0	39.6	—11.4	5.6	2.7	—2.9
4000	— 3.5	— 6.9	—3.4	98	56	—42	52.0	41.2	—11.8	4.9	2.2	—2.7
4500	— 6.2	—10.0	—3 8	90	45	—45	50.0	44.0	— 6.0	3.9	1.7	—2.2

Über Hamburg (Tab. 5) ist die T vom 1. Juli bis 2. Juli 19 Uhr, mit Ausnahme einer geringen Zunahme am Boden, im ganzen Aufstieg bis zum Gipfelpunkt gesunken. Trotz der T-Abnahme fiel die F in allen Höhenlagen um ungefähr 35%. Die F-Abnahme wird durch die außerordentliche Trockenheit des Aufstiegs vom 2. Juli 19 Uhr verursacht. Die S hat im Durchschnitt um mehr als 4 gr/kg abgenommen. Die T′ ist zum Vortage um rund 12 Grad kälter geworden.

Über Berlin (Tab. 6) liegt dieselbe Luftmasse wie über Hamburg. Am Boden ist ebenfalls eine geringe T-Zunahme zu verzeich-

Tabelle 6

Höhe m	T			F			T′			S		
	I	II	II-I	I	II	II-I	I	II	II-I	I	II	II-I
	in Grad			in Prozent			in Grad			gr/kg		
0	+20.4	+21.7	+1.4	87	60	—17	56.0	46.0	—10.0	13.0	9.9	—3.1
500	+18.0	+17.0	—1.0	73	68	— 5	48.6	43.9	— 4.7	9.3	9.1	—0.2
750	+16.6	+14.8	—2.8	72	72	0	48.2	43 0	— 5.2	9.0	8.6	—0.4
1000	+15.3	+12.6	—2.7	72	76	+ 4	47.8	42.1	— 5.7	8.6	8.3	—0.3
1500	+13.3	+10.3	—3.0	77	75	— 2	50 0	40.1	— 9.9	8.2	6.2	—2.0
2000	+10.1	+ 7.9	—2.2	85	61	—24	51.0	39.6	—11.4	8.0	5.2	—2.8
2500	+ 6.5	+ 4.0	—2.5	93	68	—25	51 0	42.0	— 9.0	7.3	5.0	—2.3
3000	+ 3.7	+ 1.7	—2.0	96	56	—40	51 4	41.1	—10.3	7.0	3.6	—2.4
3500	+ 0.9	— 1.9	—2.8	94	68	—26	52.5	43.6	— 9.1	6.0	3.6	—1.4
4000	— 2.3	— 4.7	—2.4	89	81	— 8	53.9	46.7	— 7.2	4.8	3.5	—1.3
4500	— 5.8	— 7.6	—1.8	81	52	—29	55.8	48.6	— 7.2	3.7	2.0	—1.7

nen, sonst hat die T im ganzen Aufstieg um ungefähr 2 Grad abgenommen. Die F ist trotz der T-Abnahme gleichfalls gesunken, am Boden um 17%. Bei 1000 m ist eine geringe Zunahme von 4%, darüber fällt sie bis zum Gipfelpunkt um mehr als 20%. Der Aufstieg vom 2. Juli ist trockener. Die S hat durchschnittlich um 2 gr/kg abgenommen, was den Rückgang der F zur Folge hatte. Die T′ zeigt vom Boden bis zum Gipfelpunkt Abnahme, maximal um 10 Grad.

Um festzustellen, wie die Luftmassen geschichtet sind, wurden aus den Zustandskurven der Stationen Hamburg und Berlin vom 1. und 2. Juli 19 Uhr die Höhe des Kondensationsniveaus, die Auslöseenergie und die labile bzw. stabile Lage der Luftmasse berechnet.

Über Hamburg (Abb. 16) liegt am 1. Juli 1936 19 Uhr das Kondensationsniveau in 600 m Höhe, die Luftmasse ist sehr stark

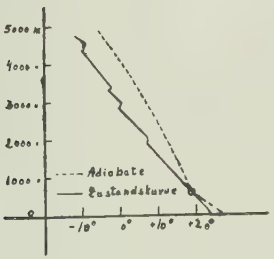

Abb. 16

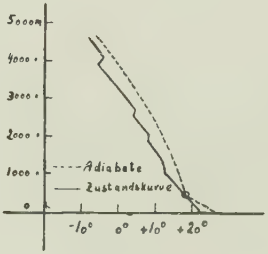

Abb. 17

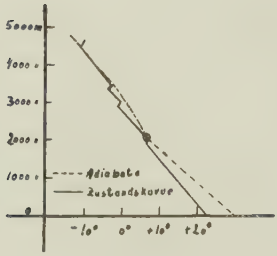

Abb. 18

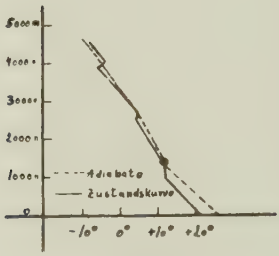

Abb. 19

labil gelagert, und es ist nur eine geringe Auslöseenergie nötig, um sie zum Aufsteigen zu bringen.

Die Luftmasse über Berlin befindet sich am 1. Juli 19 Uhr (Abb. 17) ebenfalls im stark labilen Gleichgewicht. Das Kondensationsniveau ist 500 m hoch, und auch hier ist nur eine geringe Auslöseenergie für die labile Gleichgewichtslage nötig.

Nach Durchgang der Front am 2. Juli 19 Uhr ist die Luftmasse über Hamburg (Abb. 18) und über Berlin (Abb. 19) nur noch schwach labil geschichtet, stellenweise fast indifferent. Das Kondensationsniveau liegt 2000 m bzw. 1300 m hoch.

Die Aufstiege zeigen, daß die Warmluft vor der Front alle Eigenschaften besaß, die zu einem Gewitterausbruch führen konnten. Hohe T, große S, stark labile Luftschichtung und geringe Höhe des Kondensationsniveaus. Wird nun durch die einbrechende Kaltluft die S vor der Front noch etwas erhöht, so muß beim Auslösen der labilen Gleichgewichtslage durch die Kaltfront mit Gewittern gerechnet werden. Diese Gewitter sind auch längs der Front aufgetreten und mit ihr weitergezogen.

C. Ergebnis aus der Wetterlage vom 2. Juli 1936.

Bei der Wetterlage vom 2. Juli war es gleichfalls möglich, die vordere Kaltluftbegrenzung durch die Maximalinien der T'-Abnahme und der S-Zunahme festzulegen. Ebenso hat sich gezeigt, daß — wenn die Warmluft die Bedingungen erfüllt, die zu einem Gewitterausbruch nötig sind — das Auftreten von Frontgewittern in der Zone der S-Zunahme vor der Kaltfront zu erwarten ist.

V. Zusammenfassung.

Die Bearbeitung der verschiedenen Wetterlagen ließ erkennen, daß ein gleichzeitiges sprunghaftes Verändern der hauptsächlichsten meteorologischen Elemente in bezug auf eine Kaltfront nicht eintritt. Man kann vielmehr das Verhalten der meteorologischen Elemente folgendermaßen definieren:

„Als erstes Anzeichen einer herannahenden Kaltluft macht sich ein Windsprung von rund 90 Grad bemerkbar, der ungefähr 30—70 km vor der Front eintritt. Kurz vor Durchgang der Front beginnt die F zu steigen und erreicht mit Ankunft der Kaltluft — bei dem dann eintretenden T-Sturz — ihren höchsten Stand. Der P fällt vor der Front und erreicht sein Minimum im Augenblick des Eintreffens der Kaltluft."

Als charakteristische Veränderung im Verhältnis zur Kaltfront zeigte sich, daß die Front durch ein Gebiet der S-Zunahme, welches davorlag, und ein Gebiet stärkster T′-Abnahme, das sich hinter ihr befand, eingeschlossen wurde. Da diese Gebiete bei allen Terminen die gleiche Lage zur Kaltfront hatten, ist anzunehmen, daß sie eine Erscheinung bilden, die mit der Kaltfront gekoppelt ist.

Die Wetterlagen vom 5. Mai 1937, 2. Juli 1936 und 25. und 26. März 1938 sind als Beispiele angeführt worden. In den Isallokarten der T′ und der S wurden die Gebiete maximaler T′-Abnahme bzw. S-Zunahme in ihrer Lage und Richtung durch Bezugslinien gekennzeichnet. Sie sind in die synoptischen Wetterkarten übertragen worden und danach gemäß ihrer Lage die Kaltfront eingezeichnet. Da die Bezugslinien selten weiter als 100 km auseinanderlagen, konnte man die Front mit genügender Sicherheit als Resultierende zu diesen beiden Linien bestimmen. Das charakteristische Verhalten der meteorologischen Elemente in bezug auf die so gefundene Front ließ erkennen, daß hier tatsächlich eine Grenze zweier verschiedener Luftkörper lag.

Für die zeichnerische Festlegung der Front kann man demnach folgende Anleitung geben:

„In der synoptischen Wetterkarte läßt sich eine Kaltfront als resultierende Linie zu der maximalen T′-Abnahme und S-Zunahme zeichnen, wenn diese Gebiete durch Bezugslinien gekennzeichnet sind."

Das Auftreten der Frontgewitter hängt von dem Aufbau der Warmluft ab. Bei stark labiler Luftschichtung, großer Luftfeuchtigkeit und geringer Höhe des Kondensationsniveaus ist bei Auslösung der labilen Gleichgewichtslage durch die einbrechende Kaltluft mit Frontgewittern zu rechnen. Diese Gewitter werden zum größten Teil in dem Gebiet vor der Front auftreten, dessen S sich vergrößert hat.

Die Wetterlagen vom 5. Mai 1937 und vom 2. Juli 1936 bestätigen, daß die Gewitter längs der Front im Gebiet der S-Zunahme zustandekamen.

VI. Literaturverzeichnis.

1. Defant: Wetter und Wettervorhersage.
2. v. Ficker: Über die Entstehung lokaler Wärmegewitter.
3. — Über die Entstabilisierung eines geschichteten aufsteigenden Luftmassensystems.
4. — Untersuchung der Vorgänge in der freien Atmosphäre an Gewittertagen.
5. — Die Vorgänge der freien Atmosphäre über Lindenberg.
6. Hann-Süring: Lehrbuch der Meteorologie.
7. Hoffmeister: Untersuchungen einiger Niederschläge von langer Dauer.
8. Markgraf: Gewitter an einer Aufgleitfront.
9. Raethjen: Zur Thermodynamik der Böen.
10. Reidat: Gewitterbildung durch Kaltlufteinbruch in der Höhe.
11. Robitzsch: Die Verwendung der durch aerologische Versuche gewonnenen Feuchtigkeitsdaten zur Diagnose der jeweiligen atmosphärischen Zustände.
12. Scherhag: Untersuchungen über die Nachtgewitter.
13. — Über die atmosphärischen Zustände bei Gewittern.
14. — Über Niederschlagsbildung an Fronten.
15. Schinze: Die praktische Wetteranalyse.
16. — Untersuchungen zur aerologischen Synoptik.
17. Schmidt: Versuche über Kaltlufteinbrüche.
18. Staude: Besprechung der Wetterlage vom 25. und 26. März 1938.

Lebenslauf.

Am 23. Mai 1916 wurde ich, Gerhard Siegfried Hugo Hantel, evangelischer Konfession, als Sohn des Bäckermeisters Hugo Hantel und dessen Ehefrau Gertrud geb. Glang zu Königsberg/Pr. geboren. Ich besuchte dort nach vierjähriger Vorschule die Vorstädtische Oberrealschule, die ich März 1935 mit dem Zeugnis der Reife verließ. Nach Ableistung meiner Arbeitsdienstpflicht studierte ich an den Universitäten Frankfurt a. M., Hamburg und Berlin Meteorologie, Ozeanographie, Physik, Geophysik, Mathematik und Astronomie.

Meine akademischen Lehrer waren die Herren Professoren und Dozenten:

in Frankfurt a. M.: Baur, Behrmann, Boda, Magnus, Meißner, Mügge, Linke;

in Hamburg: Jensen, Kleinschmidt, Kuhlbrodt, Raethjen, Seilkopf, Tamms;

in Berlin: Bartels, Defant, Ertelt, v. Ficker, Kähler, Knoch, Kölzer, Robitzsch, Wüst, Zistler.

Allen meinen Lehrern, ganz besonders Herrn Oberregierungsrat Prof. Dr. Robitzsch, bin ich für die Anregung zu dieser Arbeit und für ihre Förderung zu Dank verpflichtet. Ferner möchte ich Herrn Regierungsrat Dr. Egersdörfer und Herrn Dr. Jelinek für manche Anregung in theoretischer und praktischer Hinsicht danken.